

특집: 磁氣情報記錄材料

자 기 헤 드 재 료

강 일 구·김 희 중
(한국과학기술원 재료공학연구부)

1. 緒 論

現代는 情報化時代로 불릴 만큼 大量의 情報가 創出, 流通되고 있으며, 그 情報量은 점차 기하급수적으로 增大되어 가고 있다. 이에 따라 情報의 貯藏 및 再現을 위한 磁氣記錄機器의 需要도 急增하고 있으며, 磁氣記錄技術도 보다 高密度化, 高信賴化에 對應하는 方向으로 發展해 가고 있다.

世界 最初의 磁氣記錄技術은 1898年 덴마크의 Valdemar Poulsen에 의해 發明되었고, 그후 많은 學者와 技術者에 의해 電磁氣學, 物理學, 化學, 金屬, 電子材料, 精密機械工學 등의 독립된 研究開發에 의해 현재와 같이 民生, 産業分野에 있어서 중요한 技術로서 地位를 굳히게 되었으며 앞으로 그 重要性은 擴大될 것으로 생각되고 있다.

磁氣記錄技術의 動向은 音聲, 映像, 디지털分野 등 그 범위는 매우 넓으며, 헤드市場도 1980年頃까지는 오디오分野가 中心이었으나 그후 VTR을 시작으로 디지털오디오(DAT), 플로피디스크裝置(FDD), 固定磁氣디스크裝置(RDD)用 등이 큰 市場을 형성하여 應用面에서도 多樣化의 時代가 展開되고 있다.

한편, 磁氣헤드의 性能面에 있어서도 高密度記錄의 要求에 따라 종래로 부터의 벌크(bulk)形態 材料의 應用으로 부터 高密度實

裝技術을 應用한 薄膜材料의 實用化가 進行되고 있다. 또한 記錄方式도 아날로그(analog)와 디지털(digital)方式이 混在하는 狀況에 있다.

技術的인 관점으로 본 경우에는 헤드材料, 形狀構成, 磁氣回路 등에 관한 理論이 충분히 完成되지 않은 상태에서 理論적으로 축적된 Know-how에 의존하는 경우가 많고, 여러 형태에 의한 모델의 提案이 된 정도에서 實用化가 앞서는 實情에 있다.

이와 같은 狀況하에서 磁氣記錄에 대한 엄격한 要求는 그대로 헤드에 대한 要求가 되고 있고, 헤드의 性能向上을 위해서는 우선 헤드를 構成하는 材料가 重要한 課題로 登場하고 있다.

本稿에서는 磁氣헤드材料에 초점을 맞추어 技術적으로 重要한 점에 관해 그 概要를 살펴 보고자 한다.

2. 磁氣헤드의 種類 및 發達史

情報의 貯藏 및 再現을 위한 手段으로서의 磁氣記錄(magnetic recording)에는 記錄媒體, 記錄方式과 함께 磁氣헤드가 3大構成要素이며, 磁氣헤드는 電流로 변환된 入力信號를 磁氣媒體에 磁化패턴으로 記錄시키고, 또한 磁氣媒體에 저장된 情報를 電流로 변환하

는 機能을 가진 文字 그대로 磁氣記錄機器의 頭腦(head) 역할을 하는 트랜스듀서(transducer)이다.

가. 磁氣헤드의 種類

磁氣헤드는 어떠한 觀點에서 보느냐에 따라 여러가지로 分類가 가능하며, 그 基準에 따른 헤드 種類를 정리하여 <表 1>에 나타내었다.

< 표 1 > 磁氣헤드의 種類

분류 기준	헤드 종류
1. 동작 목적	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기록헤드 ○ 재생헤드 ○ 소거헤드 ○ 콤비네이션헤드
2. 신호의 종류	<ul style="list-style-type: none"> ○ 아날로그: 오디오, 비디오, 듀플리케이팅용, 자기저항(MR)헤드 ○ 디지털: 플로피디스크용, 카드리더용, 플라잉디스크용, 박막헤드, 슬라이더코어
3. 테이프 폭 및 트랙형식	<ul style="list-style-type: none"> ○ 테이프폭: 1/4, 1/2, 1인치 폭용 ○ 트랙형식: 싱글 트랙용, 2트랙 모노, 2트랙 스테레오, 스테레오, 4 및 8트랙 스테레오용
4. 코어의 형상	<ul style="list-style-type: none"> ○ 적층형 ○ 피스형 ○ 웨라이트형 ○ 복합자심형
5. 코어재료	<ul style="list-style-type: none"> ○ 메탈헤드 ○ 웨라이트헤드 ○ 박막헤드
6. 기록방향	<ul style="list-style-type: none"> ○ 수평자기헤드(링형) ○ 수직자기헤드(플형)
7. 용도	<ul style="list-style-type: none"> ○ 오디오헤드 ○ 비디오헤드 ○ 컴퓨터헤드

動作目的에 따라서는 記錄헤드, 再生헤드, 消去헤드로 나눌 수 있다. 記錄헤드와 再生헤드는 機能의으로 다르지만 構造와 치수는 거의 차이가 없으므로 두 헤드를 하나의 헤드가 겸하는 記錄再生 兼用헤드가 카세트레코더 등에 많이 채용되고 있다. 여기에 消去헤드를 부가한 一體型의 three-in-onehead가 있으며, 이 헤드는 中央에 磁氣體를 공유한 두 갭(gap)의 構造를 가지고 있다. 기록헤드와 재생헤드는 그들의 갭과 材料面에서 最適條件이 필수적으로 같지 않으므로 각각의 헤드를 하나의 케이스에 넣은 再録콤비네이션헤드가 있으

며, 이 헤드는 디지털信號를 취급하는 경우에 사용되고 있다.

信號의 種類에 따른 分類에는 아날로그와 디지털형 헤드가 있다. 디지털형 헤드로는 앞의 再録콤비네이션헤드, 플로피디스크, 카드리더(card reader), 플라잉디스크(flying disk)용의 각 헤드 및 薄膜헤드, 슬라이더코어(sliding core)가 있으며, 아날로그형 헤드로는 오디오(audio), 비디오(video), 듀플리케이팅(duplicating)용 및 磁氣抵抗(MR)헤드 등이 있다.

테이프폭에 따라서는 1/4, 1/2 및 1인치 폭용 헤드 등이 있으며, 트랙(track)의 수와 폭에 따라서는 1/4인치폭의 경우 싱글트랙, 2트랙모노, 2트랙스테레오, 4 및 8트랙스테레오용 등으로 나눌 수 있다.

코어(core)의 形狀에 따른 分類로는 積層型, 피스형, 웨라이트형, 複合磁芯型 등이 있다. 積層型은 보통 두께 0.05 ~ 0.5mm의 高透磁率 磁性合金의 薄板을 記錄트랙의 폭에 해당하는 두께까지 積層하고 각각을 接着한 것이다. 薄板을 사용하는 경우 層間의 接着劑에 의해 電氣의으로 絶緣되므로 渦電流損失(eddy current loss)이 적어져 高周波特性이 좋아진다. 현재의 高級오디오용에는 耐摩耗과 머로이합금을 이용한 積層型이 주로 사용되고 있다. 피스형의 자기헤드는 두께 0.5mm 정도의 高透磁率 磁性合金板을 중첩한 코어형태로 코어損失이 크고 斷面積이 작아지므로 비교적 적은 입력으로 포화되는 缺點이 있다. 웨라이트(ferrite)型은 燒結體의 웨라이트를 중첩 없이 그대로 使用하는 형태이며, 현재 오디오용 消去헤드 등에 사용되고 있다. 複合磁芯型은 두 種類의 磁性材料를 組合한 構造를 가지고 있으며, 코어의 대부분은 웨라이트를 이용하고 갭부분에는 耐摩耗性이 있고 加工이

쉬운 磁合金을 사용하고 있다. 이 형의 헤드도 高周波特性이 우수하므로 VTR用으로서 많이 사용되고 있다.

코아의 材料에 따라서는 메탈헤드, 웨라이트헤드, 薄膜헤드 등으로 나눌 수 있고, 各種類에 대한 說明은 다음에 하기로 한다.

記錄方向에 따라서는 水平磁氣헤드와 垂直헤드로 區分할 수 있으며, 水平磁氣헤드는 링(ring)型을 취하고 있고 현재 實用化된 대부분의 磁氣헤드는 이 형태이다. 垂直磁氣헤드는 폴(pole)型을 취하고 있으며, Co-Cr, Ba-ferrite 와 같은 垂直磁氣記錄媒體에 對應하기 위해 개발된 것으로서 크게 주목받고 있다.

用途에 따라서는 크게 오디오, 비디오 및 컴퓨터헤드로 나눌 수 있다.

나. 磁氣헤드의 開發歷史

磁氣헤드의 歷史는 1898年 Poulsen이 銅線式 磁氣錄音機「Telegraphone」에 사용한 純鐵의 電磁石헤드로 부터 출발한다. 이 Poulsen의 획기적 發明은 1900年 파리萬國 박람회에서 그랑프리를 획득할 정도로 높게 평가되었다.

1923년에는 美國 Bell 研究所의 Elmen이 철-니켈系 퍼머로이(permalloy)合金을 개발하여 錄音機의 性能을 향상시켰고, 이후 현재까지 퍼머로이合金이 磁氣헤드코아材料로서 重要하게 된 계기를 만들었다. 1932年 Schüller는 링型 磁氣헤드를 考案하여 磁氣錄音技術分野의 革新을 이루었으며, 현재의 錄音, 錄畫 및 컴퓨터헤드는 모두 이 基本型을 改良시킨 것이다. 1938年 日本의 永井健三은 交流바이아스(AC bias) 記錄方法을 개발하여 雜音이 적고 再現性이 우수한 磁氣記錄機器의 出現을 가능케 하였다. 1975년에는 日本의 Iwasaki가 垂直磁氣記錄을 위한 헤드로서 single pole

型을 提案하여 高密度 磁氣記錄을 위한 方向을 제시하였으며, 현재 이 媒體의 開發 努力과 함께 헤드 開發도 활발히 進行되고 있다.

1975년에는 美國 IBM社가 HDD 3370型 컴퓨터에 퍼머로이 磁性薄膜合金을 사용한 薄膜磁氣헤드를 최초로 實用化시켰다. 이 磁氣헤드는 기존의 헤드와는 전혀 다른 IC 製造와 유사한 製造工程을 채택하고 있으며, 高密度記錄을 위한 未來型 磁氣헤드로서 각광받기 시작하고 있다. <表 2>에는 앞에 언급한 여러 磁氣헤드의 開發歷史와 함께 主要 헤드코아材料의 歷史도 정리하여 나타내었으며, 각 코아材料에 관한 內容은 다음에 언급하겠다.

<표 2> 主要 磁氣헤드 및 코아材料 開發歷史

年 度	主 要 開 發 內 容	磁氣헤드(材料)
1888	O. Smith(美), 磁氣錄音 可能性 제시	純鐵
1898	V. Poulsen(덴마크), 銅線式 磁氣錄音機 [Telegraphone] 發明	
1923	G.W. Elmen(美), Fe-Ni 高透磁率合金	Permalloy ring型 磁氣헤드
1932	E. Schüller, ring型 헤드 開發	
1937	増本(日), Sendust 開發	
1938	永井(日), 交流 bias法 開發	Mn-Zn ferrite ferrite 헤드
1950	F. Bergman(美), ferrite 헤드 美國特許	
1956	Phillips社, ferrite 헤드 開發	
1958	교세라社, 高透磁率 ferrite 開發	Hot press ferrite single crystal ferrite 耐摩耗 permalloy "
1966	마쓰시타社, 高透磁率 ferrite 開發	
1966	Sugimoto(日), 單結晶 ferrite 實驗室開發	
1968	住友社(日), PC-4 合金 發表	single pole head permalloy thin film Thin film head Co系 非晶質合金
1971	増本(日), Hardperm 合金 發表	
1975	岩崎(日), 垂直磁氣記錄 提案	
1979	IBM(美), 薄膜헤드 採用(IBM HDD 3370型)	
1981	TDK(日), 非晶質헤드 開發	

3. 磁氣헤드用 材料

磁氣헤드用 材料로서 이용되고 있는 磁性材料로서는 金屬系와 酸化物系의 두 종류로 分類된다. 이들 磁性材料에도 각기 長短點이 있어, 磁氣헤드材料로서 사용할 경우 要求에 적합한 材質, 特性의 材料가 선택되고 있다. 그림 1에는 磁氣헤드의 用途에 따른 種類와 사용되고 있는 代表的인 材料에 관해서 나타내었다.

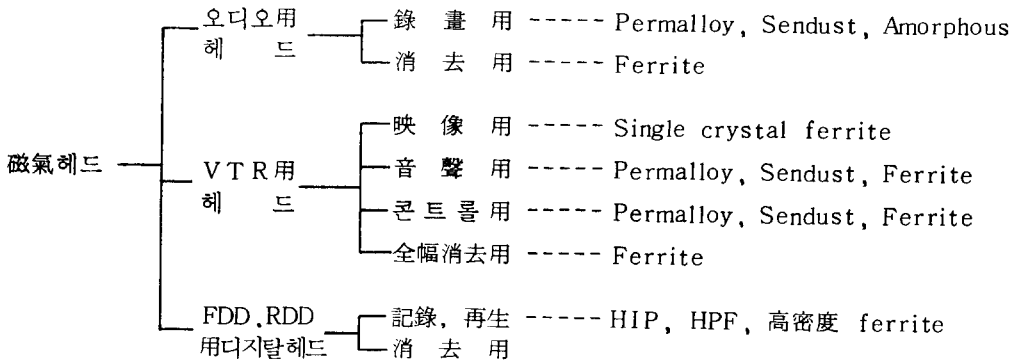


그림 1. 磁氣헤드用 材料

가. 磁氣헤드材料의 要求條件

磁氣헤드用材料로서는 磁氣的 特性和 機械 的 特性이 주로 要求對象이 되며, 磁氣的 特性에 관한 요구는 헤드 種類에 따라 다소 다르나, 機械的 特性은 全 헤드에 共通 項目이다. 다음에는 헤드의 特性에 미치는 材料 特性에 관해 살펴보자.

1) 實效透磁率 (Effective permeability)

實效透磁率 (μ_e)은 헤드의 出力特性을 決定하는 要素의 하나이며, μ_e 의 周波數 特性은 헤드의 周波數特性을 결정하는 要因이 된다. 이것은 주로 재료의 固有抵抗에 의한 것이므로 抵抗率이 높은 材料가 유리하게 된다.

2) 飽和磁束密度 (Saturation magnetic flux density)

헤드用材料는 히스테리시스特性을 가지고 있으므로 記錄時의 電流를 크게 하면 코아 内部의 磁束密度가 材料의 許容磁束密度를 넘어 飽和될 수 있다. 이것을 피하기 위해 飽和磁束密度 (B_s)가 큰 材料를 選擇하든가 飽和되지 않도록 코아의 斷面積을 크게 할 필요가 있다. 그러나 헤드의 갭 (gap) 부근의 形狀은 그 特性 상 斷面積이 작아질 것을 요구하므로 B_s 가 큰 材料가 유리해진다.

3) 保磁力 (Coercive force)

保磁力 (H_c)은 노이즈 (noise)에 관계되므로 작은 수치의 材料를 선택할 필요가 있다. 또한 加工時의 스트레스에 의해 H_c 가 증가하는 것에 특히 유의해야 한다.

4) 固有抵抗 (Electrical resistivity)

磁氣헤드材料로서는 磁束의 損失이 적을 것이 첫째 條件이며, 주요 損失 原因으로서 생각되는 것에 渦電流損失이 있다. 渦電流損失은 磁束에 의해 渦電流가 생겨 코아 内部에서 消費되는 것이다. 따라서 코아材料의 固有抵抗 (ρ)는 높은 것이 要望된다. 웨라이트系는 固有抵抗이 크고, 金屬系는 상대적으로 작다. 이 때문에 金屬系의 경우는 薄板을 積層加工할 필요가 있으나 웨라이트의 경우는 벌크 (bulk) 形狀 그대로 사용할 수 있는 利點이 있다.

5) 큐리溫度 (Curie temperature)

材料가 가지고 있는 磁氣特性은 큐리온도 (T_c)가 가까이에서 不安定해진다. 따라서 보통의 使用 狀態에서는 溫度上昇이 별 영향이 없으나, 環境에 따라서는 수십도가 변할 수 있으므로 T_c 는 높은 편이 좋다.

6) 硬度 (Hardness)

硬度 (Hv) 자체는 헤드 特性과 관계가 없

으나, 摩耗에 의해 갭 깊이의 변화가 생겨 特性이 나빠지므로 高硬度的 材料가 필요하게 된다. 일반적으로 靑라이트系가 耐摩耗性이 좋아 테이프 走行速度가 빠른 VTR의 錄畫用헤드에 사용되고 있다.

7) 노이즈 (Noise)

磁氣헤드는 다소의 차이는 있으나 코아材料에서 노이즈가 발생한다. 이것은 주로 磁壁 (domain wall)의 移動에 관계되는 것이며, 金屬系가 靑라이트보다도 磁壁移動이 용이해 노이즈가 적다.

이상에서 살펴본 바와 같이 磁氣헤드用材料로써 必要的 條件은 高透磁率, 小保磁力, 高飽和磁束密度, 低損失일 것과 큐리溫度가 높고 耐摩耗性이 우수할 것 等이다. 또한 加工에 의한 變質性, 材料의 均一性, 媒體와의 相互關係도 중요한 점이다.

이상의 條件을 고려하여 磁氣헤드材料의 要求特性과 磁氣記錄에 미치는 影響 및 헤드材料의 開發方案을 綜合하여 나타낸 것이 <表 3>이다. 또한 用途에 따른 要求 特性의 重要度を 정리해 본 것이 <表 4>이다.

< 표 3 > 헤드材料의 要求特性, 磁氣記錄에 미치는 影響

요 구 특 성	자기기록에 대한 영향	개 발 방 안
1. 포화자속밀도가 클 것 (High Bs)	고항자력 자기테프를 신호찌그러짐이 작은 상태로 충실히 기록	Bs: Fe > Co > Ni
2. 실효 투자율이 클 것 (High μ_{eff})	기록·재생시 자속의 누출방지 → 헤드 효율 향상	K, $\lambda \rightarrow 0$ μ 大 헤드디자인, high ρ
3. 항자력(Hc)가 작을 것	기록시 hysteresis loss 감소 재생시 noise 감소	K, $\lambda \rightarrow 0$
4. 전기비저항(ρ)이 클 것	기록·재생시 eddy current loss 감소	합금설계 박판사용
5. 요동 noise가 작을 것	기계적 충격에 의한 전기 noise 감소	$\lambda \rightarrow 0$ (용력영향小)
6. 내마모성이 클 것	직접 헤드, 테이프 수명과 관계	합금설계 헤드디자인
7. 가공열화가 작을 것	헤드 가공·조립시 성능 감소 줄임	합금설계 가공·조립기술 향상
8. 가공성이 양호할 것	헤드 성능 향상 및 경제성 (정밀가공)	합금설계
9. 온도 상승에 따른 열화가 적을 것	헤드의 전자기적 성질·기계적 성질 열화 줄임	합금설계
10. 내식성이 좋을 것	습기 등에 의한 성능감소 방지	합금설계

〈 표 4 〉 磁氣헤드材料에 必要한 條件

특 성 \ 용 도	음 성	비디오 (회 헤 드)	계산기	카 드 (시 트)	디스크 (비접촉)
음성영역에서의 투자율	B	D	C	B	C
영상영역에서의 투자율	D	A	B	C	A
항 자 력 (Hc)	B	A	C	C	C
비 저 항	C	B	B	C	B
경 도	C	A	B	C	B
내 마 모 성	C	A	B	C	D
포 화 자 속 밀 도	B	B~A	B	B~A	B
가 가 격	A	C	B	B	C
가 공 성	B	C	C	B	A

* A : 극히 중요, B : 꽤 중요, C : 보통, D : 문제 없음

나. 磁氣헤드材料의 特性

현재 磁氣헤드用材料로서 주로 사용되고 있는 材料는 金屬系(permalloy, sendust, 非晶質合金)와 韃라이트系가 主流를 이루고 있다.

金屬系中 퍼머로이(permalloy)는 코아 成形을 위한 加工性에서 가장 우수하지만 耐摩耗性 面에서 결점을 가지고 있다. 그러나 퍼머로이도 改良되어 耐摩耗性퍼머로이로서 Nb, Ti, Si 등을 포함한 高硬度퍼머로이合金이 오디오용으로 使用되고 있다.

센다스트(sendust)合金은 增本量 等에 의해 發明된 Fe-Si-Al 系의 磁性材料이다. 이 材料는 硬度가 높지만 脆性이 있어 加工이 곤란하여, 초기에는 放送用 VTR의 映像헤드 等に 사용되었으나 그후 材料의 改良과 加工技術의 進歩에 의해 磁氣헤드用材料로서 사용되었다.

最近 高密度記錄의 要求로 인해 高周波領域에서의 透磁率이 높은 非晶質合金이 헤드材料로서 應用되고 있다. 이 合金도 제조가 용이해지고 磁性도 改良되어 磁氣헤드用으로서 주목되고 있으며 Co-Fe-Si-B系 및 Co-Zr系가 主要 對象材料이다.

이상에서 언급한 여러 金屬系 磁性材料의 주요 特性을 정리하여 〈表5〉에 나타내었으며, 이 表에서 金屬系는 飽和磁束密度가 높고 低周波透磁率과 加工性이 良好한 반면, 硬度가 낮고 高周波透磁率이 낮다는 것을 알 수 있다.

韃라이트는 單結晶法, HPF(Hot press)法, HIP(熱間靜水壓프레스)法 等으로 제조된 것들이 있다. 韃라이트는 耐摩耗性이 우수하나 成形加工이 곤란하여 퍼머로이의 2~3 배 이상의 코스트가 든다. 특히 單結晶韃라이트에는 磁氣的 및 機械的인 異方性이 있으므로 切斷時의 技術이 要求되고 있다. 單結晶韃라이트는 현재 VTR用 錄畫再生헤드에 이용되고 있다.

高密度韃라이트材料는 磁氣디스크用 헤드에 사용되고 있으며, 이 材料의 特徵은 多結晶으로 等方性이 있어 쉽게 加工이 되는 반면 粒界와 氣孔 때문에 加工缺陷이 발생하기 쉽다. 多結晶韃라이트도 高密度記錄에 대응하기 위해 HPF, HIP法이 主流가 되고 있다. 〈表6〉에는 주요 韃라이트材料의 特性을 나타내었으며, 이 材料는 硬度가 높고 固有抵抗이 크며 高周波透磁率이 良好하나 飽和磁束密度가 낮은 결점이 있다는 것을 알 수 있을 것이다.

한편, 高密度記錄에의 對應으로 부터 記錄媒體의 高保磁力化, 記錄周波數의 高域化에 의한 短波長記錄의 可能性이 要求되고 있으며, 이러한 狀況에 대응하기 위하여 磁氣헤드材料로서 韃라이트의 利點과 센다스트 및 非晶質合金의 利點을 兼備한 MIG(Metal in Gap)헤드가 實用化되고 있다. 또한 記錄密度의 上昇과 함께 갭길이(gap length)도 狹小化하는 경향이 있어 磁氣헤드用 코아材料의 加工法의 改善도 중요한 課題가 되고 있다.

< 표 5 > 磁氣헤드用 金屬系磁性材料의 特性

材 料		Permalloy	Alperm	Hardperm	Sendust	Super-sendust	Amorphous Alloy
特 性							
組 成		Ni 78 % Mo 5 % Fe 17 %	Al 16 % Fe 84 %	Ni 79 % Nb, Ta, Mo 20 % Fe	Al 5.5 % Si 9.5 % Fe 85 %	Ni 3.2 % Al 4.0 % Si 6.0 % Fe 86.8 %	Fe, Co, Si, B Co, Nb, Zr
初 透 磁 率	DC 1KHz 4MHz	50,000 9,000 40	3,000	40,000 6,000	35,000 8,000 60	7,000 5,500 80	16,000 600
飽 和 磁 束 密 度(G)		7,900	8,000	6,000	11,000	16,000	11,000
保 磁 力 (Oe)		0.02	0.04	0.02	0.05	0.05	0.02
固 有 抵 抗 ($\mu\Omega\text{-cm}$)		55	150	80	82	100	130
큐 리 溫 度 ($^{\circ}\text{C}$)		460	350	250	500	670	400
硬 度 (Hv)		130	350	210	500	400	900
性 質		一般磁性材料 低 硬 度	特 殊 用 途 抵 透 磁 率	一般磁性材料 高 硬 度 퍼머로이	高 硬 度 磁 性 材 High Bs	高 硬 度 磁 性 材 High Bs, High ρ	超 高 硬 度 磁 性 材 High Bs High ρ
기 特 徴	加 工 性	⊙	△	○	△	△	○
	耐 摩 耗 性	×	○	△	○	○	○
	摺 動 雜 音	○	○	○	○	○	○

⊙ 매우 우수 ○ 우수 △ 보통 × 나쁨

< 표 6 > 磁氣헤드用 韃 萊 亞 特 材 料 的 特 性

特 性	材 料	燒 結 韃 萊 亞 特	高 密 度 韃 萊 亞 特	單 結 晶 韃 萊 亞 特	HP 韃 萊 亞 特	HIP 韃 萊 亞 特	配 向 性 韃 萊 亞 特
組 成		NiO 19.0 % ZnO 13.5 % Fe ₂ O ₃ 67.5 %	NiO 11 % ZnO 22 % Fe ₂ O ₃ 67 %	MnO 18 % ZnO 14 % Fe ₂ O ₃ 70 %	MnO 15 % ZnO 14 % Fe ₂ O ₃ 68 %	MnO ZnO Fe ₂ O ₃	MnO ZnO Fe ₂ O ₃
初 透 磁 率 (μ)	1KHz 1MHz 5MHz	2,500 2,000	10,000 1,500 600	4,000 1,200 500	5,000 2,500 720	6,000 2,600 700	7,000 700
飽 和 磁 束 密 度 (G)		4,800	4,400	4,300	5,000	4,500	5,000
保 磁 力 (Oe)		0.2	0.03	0.01	0.15	0.1	0.05
固 有 抵 抗 ($\Omega\text{-cm}$)		> 100	10	0.2	10	> 1,000	10
큐 리 溫 度 ($^{\circ}\text{C}$)		220	130	160	200	160	160
硬 度 (Hv)		500	650	650	650	700	650
平 均 粒 徑 (μm)		-	100	-	50	10	100
密 度 (g/cm^3)		4.7	5.05	-	5.1	5.3	5.1

4. 헤드재료의 技術動向

磁氣헤드는 高密度記錄化, 高信賴性的 要求에 對應하여 오디오分野, VTR分野, 情報機器分野에 있어서 헤드재료도 변천하고 있으므로 磁氣헤드의 應用分野와 機能에 着점을 두어 헤드재료의 장래 動向에 關해 생각해 보자.

가. 오디오分野

여기에서의 가장 큰 用途는 카세트用헤드이다. 記錄再生時的 찌그러짐과 高周波領域에서의 最大出力레벨(MOL)이 대폭 改善된 高Hc의 媒體가 普及되고 있으므로 여기에 대응하는 헤드는 記錄과 消去時에 큰 發生磁界를 필요로 한다.

記錄再生兼用헤드의 갭길이는 再生을 우선하여 決定되므로 갭부분 先端의 磁氣飽和가 문제가 되고 있다. 媒體의 Hc化에 대응하기 위하여 高Bs의 퍼머로이, 샌다스트, 非晶質合金이 사용되고 있다.

한편, 오디오도 音質의 向上手段으로서 信號를 디지털화하여 기록하는 R-DAT가 보급되고 있다. R-DAT의 메카니즘은 현재의 VTR 技術이 기초가 되고 있기 때문에 헤드도 映像헤드의 형태이다. 헤드構造는 코아 本體에 珪라이트單結晶을 사용하고, 갭부분 주변을 Fe-Si-Al 合金 및 Co 系 非晶質合金 등의 金屬系재료의 스파터膜을 加工한 構造를 취하고 있다. 헤드形狀은 3종류의 構造가 있으며,全體를 金屬磁性材料로 구성한 벌크型, 金屬磁性材料를 非磁性材料로 둘러싼 샌드위치型 및 갭주변에 金屬磁性材料膜을 사용한 MIG型이 있다.

특히 MIG型이 주목되고 있고, 여기에 사용되는 金屬系材料는 周波數特性的 向上을 위해 스파터링에 의해 膜 두께 3~20 μ m 정도

가 사용되고 있다. 金屬磁性材料를 薄膜化하는 경우에 合金組成과 膜組成의 조절이 중요하다. 또한 結晶構造에 따라서도 膜特性이 변화되므로 膜特性的 安定化를 위한 여러가지 檢討가 進行되고 있다.

이상과 같이 薄膜技術과 함께 여러 종류의 異種材料를 同時 加工함에 의해 수 μ m의 超精密加工, 接合, 組立이 요구되므로 여러 會社들은 獨自의 材料, 헤드形態를 발표하고 있고, 앞으로의 技術動向이 주목되고 있다.

나. VTR 分野

VTR用 헤드는 映像用헤드와 音聲用헤드로 나눌 수 있다. 映像헤드는 回轉실린더 위에 장치되는 것이 일반적이지만 현재는 特殊再生時를 고려하여 더블아지마스(double azimuth) 4헤드가 實用化되고 있다. 映像헤드는 高速回轉用으로 記錄媒體와 접촉하여 記錄再生이 이루어지므로 헤드 先端이 중요한 점이 된다.

映像用헤드材料로서는 耐摩耗性이 있고 磁氣特性이 우수한 單結晶珪라이트가 사용되고, tip부분의 先端形狀과 研磨, 加工方法에는 各社 獨自의 know-how가 시행되고 있다.

音聲用헤드에는 記錄·再生, CTL(control track), 音聲消去헤드와 全幅消去헤드가 있다. VTR도 Hi-Fi化하고 있고, 특히 최근 하프 로딩(half loading)化가 進전되어 音聲用헤드의 重要도가 增大하고 있다.

한편, 8mm VTR은 高Hc의 메탈테이프가 採用되기 때문에 映像헤드는 高Bs材料인 샌다스트, 非晶質材料가 사용되고 있다. 헤드材料도 磁氣特性만이 아니라 耐摩耗性, 走行信賴性 등 때문에 헤드코아本體는 單結晶珪라이트가 사용되고 갭부분 양면에 샌다스트 등의 金屬系材料를 스파터링하는 R-DAT와 같은 구조가 채용되고 있다. 앞으로의 高密度記錄

用헤드로서 磁氣特性, 信賴度, 量産性에서 우수한 材料와 構造의 개발이 각 方面으로 積極的으로 進行되고 있다.

다. 情報分野

情報機器分野에서는 事務用 컴퓨터, 퍼스컴 등의 보급에 따라 RDD, FDD의 양적인 擴大가 급속도로 나타나고 있다. 시스템과 媒體의 性能 向上과 함께 磁氣 헤드材料의 特性 向上도 활발히 進行되고 있다. 헤드材料로서는 高密度記錄과 小形化에 충분히 대응할 것이 要求되고 있다.

1) RDD用 헤드材料

RDD裝置에 사용되고 있는 헤드는 모노리틱형헤드(웨라이트)와 콤포지트형헤드(웨라이트코아와 세라믹슬라이더)로 구분할 수 있다. 前者는 슬라이더부분도 모두 웨라이트화한 것이며, 高密度웨라이트(HPF, HIP)材를 사용함에 의해 媒體와의 相應性이 좋으므로 CSS(contact start strip), 低浮上動作에 적합하여 主流를 점하고 있다. 後者は 좁은 트랙(track)化가 용이한 점 때문에 보다 高密度記錄用으로서 서서히 普及되고 있다.

RDD헤드도 記憶容量의 向上과 함께 狹트랙化, 狹갭化가 進行되는 傾向이 있다. 따라서 헤드材料로서는 高周波에 있어서의 透磁率의 改善, 狹트랙化에 대해 치핑(chipping)防止의 목적을 위한 結晶粒의 微細化, 機械的強度의 向上이 要求되어, 종래는 高周波特性, 加工性이 우수한 Ni-Zn 웨라이트가 사용되었으나 현재는 條件에서 良好한 Mn-Zn 웨라이트가 주로 사용되고 있다.

한편, RDD用 記錄媒體도 塗布型이 일반적이지만, 高密度記錄 對應 때문에 스퀘어媒體 등의 薄膜媒體가 실용화되고 있으므로 高

Hc의 媒體에 對應하는 MIG 헤드의 活用이 검토되고 있다.

또 하나의 흐름으로서 薄膜헤드가 거론될 수 있다. 薄膜헤드는 高周波特性이 良好하고 코일이 낮은 인덕턴스(inductance)인 점, 狹트랙化가 容易한 등의 特徵이 있다. 그러나 薄膜헤드에도 技術的인 問題點이 많이 남아있다. 즉 卷線의 斷面積을 크게 하는 것이 困難하며, 이 때문에 記錄電流가 크게 되어 發熱이 되는 傾向이 있다. 또 磁氣코어가 薄膜으로 구성되므로 일반적으로 漏洩磁束이 많은 磁氣回路로 되어 記錄時에 헤드가 飽和되기 쉬운 難點이 있다. 이 외에 헤드코아 등의 主要部分이 薄膜으로 구성되기 때문에 外力과 環境條件의 影響을 받기 쉬운 問題가 있다.

2) FDD用 헤드材料

最近 3.5인치 FDD의 보급에 의해 벌크형헤드가 實用化되고 있으며, 이 헤드는 VIR映像用헤드의 加工方法을 응용하여 발전한 것으로 터널형으로 불리고 있다.

FDD用헤드도 裝置의 大容量化에 대해 헤드構造도 狹트랙化, 狹갭化가 進行되고 있고, 특히 3.5인치에 있어서는 2MB와 1MB의 互換性 때문에 兼用헤드의 要求가 강해지고 있다. 이 경우는 over-write와 peak shift의 점에서 현재의 Mn-Zn 웨라이트로는 限界에 달하고 있기 때문에 MIG헤드에 의해 特性 向上에 對應시키고 있다.

FDD用헤드는 코아가 항상 記錄媒體에 接觸하고 있으므로 코아의 주위를 세라믹으로 둘러싼 형상이 된다. 이 때문에 웨라이트와 세라믹의 耐摩耗性과 熱膨脹係數가 비슷할 것이 조건이 된다.

FDD도 小形化, 大容量化의 傾向이 강하기 때문에 記錄媒體의 信賴性, 데이터에 대한 信

賴性, 高密度에 對應하는 헤드의 開發에는 헤드材料도 電氣的, 機械的 特性的 改善이 요구된다.

한편, 媒體와의 接觸形狀이 헤드의 性能을 크게 좌우하고 있기 때문에 헤드形狀에 관해서도 小形化가 검토되고 있다. 이들의 加工技術은 점차 超精密加工이 될 것이 예상된다.

또 最近 注目되고 있는 것에 비디오 플로피가 있다. 비디오 플로피용 헤드로서는 薄膜더블트랙헤드가 필요하지만 價格對應力面에서 현재는 先行이레이즈형의 샌다스트·벌크형 헤드가 實用化되고 있다. 앞으로 비디오 플로피의 應用化와 함께 새로운 構造의 磁氣헤드가 필요할 것으로 생각된다.

이 分野에서는 高記錄密度化가 記錄媒體의 높은 Hc 化와 헤드의 小形化, 高트랙密度化를 수반하고 있다. 이 分野에서는 磁氣特性 자체만이 아니라 信賴性和 超精密加工에 견디는 材料로서 엄격한 性能 要求가 새롭게 생길 것으로 생각되고 있다.

5. 結 論

磁氣헤드의 현재 世界 需要는 약 25億弗로 推定되며, 電子部品中 약 3.5%의 比重을 가진 核心部品이다. 磁氣헤드중 오디오, VTR 과 같은 民需用은 日本이 全世界의 약 2/3를 차지하고 있으며, 컴퓨터와 같은 産業用은 美國, 日本이 주도하고 있다. 우리나라도 最近 磁氣헤드의 組立 生産量이 급속히 增加하여 金星알프스, 三星電子, 오리온電氣 등의 家電用 헤드製造業體는 VTR 헤드의 生産量이 급증하고 있으며, 오디오헤드도 꾸준한 增加勢를 보이고 있다. 또한 美國의 出資會社인 AMK, USK 등에서 컴퓨터헤드의 OEM 生産이 계속 증가 추세에 있다.

이와 같이 磁氣헤드의 國內 組立生産量은 日本에 다음가는 生産을 보이고 있으나, 이 헤드의 코아材料는 全量을 日本과 같은 先進國에서 輸入하는 實情에 있다. 最近 浦項製鐵, 豐山金屬, 金星알프스, 三星電子 등에서 金屬系 및 珪라이트系 코아材料의 研究開發이 착실히 進行되고 있으므로 점차 國產化가 이루어지고, 장래에는 새로운 磁氣헤드材料의 探索이 이루어질 것으로 豫想된다.

이상 주요한 磁氣헤드 및 헤드코아材料의 現況에 관해서 개괄적으로 기술하였다. 高密度化에 따라 헤드材料에 요구되는 중요한 포인트는 電磁氣特性的 向上을 물론 材料加工技術 등의 새로운 要素技術을 확립해야 하는 것이다.

결국 점차 多樣해지고 高機能化되는 자기헤드의 技術動向에 대응하여 그 材料를 開發하기 위해서는 여러 技術의 複合知識이 필수적으로 要求된다는 것을 염두해 두어야 할 것이다.

參 考 文 獻

1. 植松健一, 一ノ瀬昇: "磁氣材料の革命" 工業調査會, 東京(1985)
2. 中川靖造: "日本の磁氣記錄開發" 다이야モンド社, 東京(1984)
3. 日本能率協會綜合研究所: "市場豫測レポート," 日本ビジネスレポート, 東京(1985)
4. 柏本貢: 工業材料, 36, 57(1988)
5. J.K.Watson: "Applications of Magnetism", A.Wiley-Interscience Publication, New York(1980).
6. C.D.Mee and E.D.Danied: "Magnetic Recording," McGraw-Hill Book Co., New York(1987).
7. 松本光功: "磁氣記錄," 共立出版, 東京(1977)